

abhängt, läßt sich mit dessen Kenntnis das Bremsverhalten besser steuern.

Das erfindungsgemäße Bremssystem kann auch sehr einfach mit einem ABS-System kombiniert werden bzw. dieses ergänzen. Da die vorhandene Regeleinrichtung auch für ABS-Funktionen verwendet werden kann, ergeben sich erhebliche Kosteneinsparungen; beispielsweise werden die Regelventile 34 zur Einstellung des Bremsdrucks nur einmal benötigt, die Steuerelektronik 30 könnte die ABS-Funktion mitübernehmen. Da beim geregelten Bremssystem der Erfindung immer eine optimale Bremsung stattfindet, tritt der ABS-Fall (Notbremsung/Blockieren der Räder) jedoch viel seltener ein.

#### Patentansprüche

1. Bremssystem für Kraftfahrzeuge, **dadurch gekennzeichnet**, daß Mittel vorgesehen sind, die die Bremskraft ( $F_B$ ) für die einzelnen Räder (35) des Fahrzeugs während jedes Bremsvorgangs durch Variation des Bremsdrucks ( $p$ ) dynamisch regeln.
2. Bremssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Regelelektronik (30) vorgesehen ist, die eine Signalverarbeitungskomponente (31) und eine Steuerkomponente (32) umfaßt, daß durch die Signalverarbeitungskomponente (31) der durch die Stellung des Bremspedals festgelegte Sollwert der Bremskraft ( $F_B$ ) für die einzelnen Räder (35) mit dem jeweiligen Istwert verglichen wird, und daß durch die Steuerkomponente (32) der die Bremskraft ( $F_B$ ) bestimmende Bremsdruck ( $p$ ) für die Räder (35) gesteuert wird.
3. Bremssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerkomponente (32) mit einer Steuerungseinrichtung (36) und Ventilen (34) verbunden ist, über die der Bremsdruck ( $p$ ) für die Räder (35) eingestellt wird.
4. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, durch die bei allen Rädern (35) die Lagerkraft ( $F_L$ ) an den Befestigungspunkten (14, 24) der Bremse (10, 20) gemessen wird, und daß der jeweilige Istwert der Bremskraft ( $F_B$ ) von diesen Lagerkräften ( $F_L$ ) abgeleitet wird.
5. Bremssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerkraft ( $F_L$ ) mittels eines Sensors (28) gemessen wird.
6. Bremssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (28) ein Kraftaufnehmer, ein Kraftmeßbolzen oder eine Kraftmeßschraube ist.
7. Bremssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (28) ein magneto-elastischer oder piezoelektrischer Kraftsensor ist.
8. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungskomponente (31) Meßwerte externer Meßgrößen (37) erhält und verarbeitet, und daß die Sollwertvorgabe der Bremskraft ( $F_B$ ) abhängig von den Werten dieser Meßgrößen (37) geändert wird.
9. Bremssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßgröße (37) die Bremsverzögerung ( $a$ ) ist, die während des Bremsvorgangs durch einen Verzögerungssensor gemessen wird, und daß das Verhältnis der Bremskraft ( $F_B$ ) an Vorderachse ( $F_{BV}$ ) und Hinterachse ( $F_{BH}$ ) in Abhängigkeit des

Wertes der Bremsverzögerung ( $a$ ) dynamisch geändert wird.

10. Bremssystem nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßgröße (37) der Beladungszustand des Fahrzeugs ist, der durch einen Beladungssensor gemessen wird, und daß das Verhältnis der Bremskraft ( $F_B$ ) an Vorderachse ( $F_{BV}$ ) und Hinterachse ( $F_{BH}$ ) in Abhängigkeit des Beladungszustandes geändert wird.

11. Bremssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßgröße (37) die Raddrehzahl ist, die durch einen Drehzahlfühler (38) gemessen wird, und daß aus der Raddrehzahl der Reibungskoeffizient zwischen Rad und Straße bestimmt wird.

12. Bremssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßgröße (37) der Fahrbahnzustand ist, und daß die maximal mögliche Bremskraft abhängig vom Fahrbahnzustand vorgegeben wird.

13. Verwendung eines Bremssystems nach einem der Ansprüche 1 bis 12 zur Kombination mit einem ABS-System.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

backen 12 (Fig. 1a) bzw. der Bremszangen 22 (Fig. 1b) werden die den Bremskräften  $F_B$  proportionalen Lagerkräfte  $F_L$  beispielsweise mittels Sensoren — gemessen und aus diesen Meßwerten die Bremskraft  $F_B$  berechnet. Das jeweilige Verhältnis von  $F_B$  zu  $F_L$ , das unter anderem von der Konstruktion der Bremsen abhängt, kann für jeden Bremstyp genau bestimmt werden; daher können beispielsweise auch bei einem Bremssystem gleichzeitig Trommel- und Scheibenbremsen verwendet werden.

Der Absolutwert der Bremskräfte  $F_B$  muß dabei nicht unbedingt bestimmt werden; in den meisten Fällen genügt es bereits, wenn das relative Verhältnis der Bremskräfte bei den einzelnen Rädern (links, rechts, vorne, hinten) ermittelt wird.

In der Fig. 2 ist eine Meßanordnung zur Bestimmung der der Bremskraft  $F_B$  proportionalen Lagerkraft  $F_L$  bei einer Scheibenbremse dargestellt.

Mit Hilfe eines magneto-elastischen Kraftsensors — beispielsweise eines Kraftmeßbolzens oder einer Meßschraube 26 — wird die Bremszange 22 der Scheibenbremse an den Befestigungspunkten 24 festgehalten bzw. mit dem Fahrzeugchassis 29 verbunden; damit können die Lagerkräfte  $F_L$ , die ein Maß für die Verformung des Kraftmeßbolzens während des Bremsvorgangs sind, gemessen werden. Die Bremskräfte  $F_B$  ergeben sich aus dem empirischen Zusammenhang zwischen dieser Kraft und dem jeweiligen Fahrzeug bzw. Bremstyp. Beim Bremsvorgang wird dieser Zusammenhang ausgenutzt; die gemessenen Werte der Lagerkräfte bzw. die daraus abgeleiteten Werte der Bremskraft werden als momentane Istwerte der Bremskraft von der Regelelektronik verwendet.

Beispielsweise wird gemäß Fig. 2 die Verformung der Meßschraube 26 bzw. des Kraftmeßbolzens mit Hilfe eines im Schraubenschaft 27 integrierten magneto-resistiven Sensors 28 — dessen magnetischer Widerstand sich in Abhängigkeit der elastischen Spannung ändert — gemessen und in eine elektrische Größe umgewandelt. Bei einer anderen Meßmethode wird beispielsweise eine Unterlagscheibe aus piezoelektrischem Material eingesetzt, mit deren Hilfe ein elektrisches Signal als Maß für die Verformung gewonnen wird.

In der Fig. 3 ist der prinzipielle Aufbau einer geregelten Bremskraftanlage dargestellt.

Die Regelelektronik 30, die Komponenten zur Signalverarbeitung 31 und zur Steuerung 32 umfaßt, bestimmt und steuert den Bremsdruck  $p$  so, daß die Bremskraft an jedem Rad 35 (VL, VR, HR, HL) denjenigen Wert annimmt, der durch die Stellung des Bremspedals vorgegeben wurde bzw. der anhand der Eigenschaften des Bremssystems als optimale Sollwertvorgabe bestimmt wurde. Dazu werden die von den Sensoren 28 — beispielsweise Dehnmeßstreifen, magneto-striktive Kraftaufnehmer, piezo-elektrische Kraftaufnehmer etc. — über die Sensorleitung 38 eingehenden Informationen über den tatsächlichen Istwert der Bremskraft durch die Signalverarbeitungskomponente 31 aufbereitet, mit der Sollwertvorgabe verglichen, und die Ventile 34 zur Steuerung des Bremsdrucks  $p$  durch einen Regelalgorithmus der Steuerkomponente 32 — beispielsweise über die Relaissteuerung 36 — angesteuert.

Bei einer passiven Bremskraftregelung werden die Ventile 34 so angesteuert, daß bei jeder Achse die Bremskraft auf das Rad 35 mit dem geringeren Reibungskoeffizienten eingeregelt wird. Die Ventile sind so ausgeführt, daß sie den Bremsdruck  $p$  definiert abregeln können; hier können beispielsweise 3-Wege-Ventile

zum Einsatz kommen.

Bei einer aktiven Bremskraftregelung kann — durch Verwendung von zusätzlichen Bremskraftstellern, beispielsweise durch 4-Wege-Ventile — der Bremsdruck  $p$  auch beliebig eingeregelt werden.

Mit Hilfe der Regelelektronik 30 kann auch der in den einzelnen Rädern 35 eingeregelte Bremsdruck  $p$  entweder gemessen oder über die Steuerkomponente 32 verhältnismäßig erfaßt werden. Damit ist eine Überwachung und Kontrolle des Bremssystems möglich; Bremsen mit Fehlfunktion — beispielsweise aufgrund von verminderten Reibungskoeffizienten der Bremsbeläge oder Defekten in der Bremsstrommel oder Brems Scheibe — können so ermittelt und der Fahrer rechtzeitig gewarnt werden.

Durch Berücksichtigung externer Signale 37, die optional in die Regelelektronik 30 des Bremssystems eingespeist werden, läßt sich das Bremsverhalten weiter verbessern:

— Bei einer Messung der Bremsverzögerung kann eine dynamische Bremskraftregelung eingesetzt werden, d. h. das Bremskraftverhältnis von Vorderachse zur Hinterachse wird beim Bremsvorgang dynamisch mitgeregelt. Die Zeitfunktion, nach der die Bremskraftverteilung geregelt wird, läßt sich optimieren, in dem der minimal mögliche Bremsweg und somit die optimale Verzögerungskurve ermittelt wird.

In der Fig. 4 ist ein Beispiel für die dynamische Regelung der Bremskraft dargestellt; auf der Ordinate ist dabei die Geschwindigkeit  $v$ , die Normalkraft  $F_N$  an Vorderachse ( $F_{NV}$ ) und Hinterachse ( $F_{NH}$ ), die Bremskraft  $F_B$  an Vorderachse ( $F_{BV}$ ) und Hinterachse ( $F_{BH}$ ) und auf der Abszisse die Zeit  $t$  dargestellt. Der zeitliche Verlauf der Bremskraftverteilung — gemäß Fig. 4 wird beispielsweise im ersten Moment vorne und hinten ungefähr gleich stark gebremst, die Bremskraft an der Hinterachse bei einsetzender Verzögerung jedoch reduziert — kann anhand der optimalen Verzögerungskurve  $F_N(a)$  vorgegeben werden.

— Mit Hilfe eines Beladungssensors kann der Beladungszustand des Fahrzeugs festgestellt werden und infolgedessen das Bremskraftverhältnis zwischen Vorderachse und Hinterachse geändert werden. In der Fig. 5 sind zwei Verzögerungskurven dargestellt, die das Verhältnis der Normalkraft an Vorderachse und Hinterachse  $F_{NV}/F_{NH}$  als Funktion der Bremsverzögerung  $a$  angeben. Bei unterschiedlichen Beladungszuständen des Fahrzeugs und demzufolge unterschiedlicher Masse und Achsbelastung — in Figur 5 zeigt die Kurve (1) die Verzögerungskurve eines vollbeladenen Fahrzeugs, die Kurve (2) die eines unbeladenen Fahrzeugs — ändert sich die Normalkraftverteilung  $F_{NV}/F_{NH}$  und damit auch die optimale Bremskraftverteilung zwischen Vorderachse und Hinterachse.

— Die Bremskraft an den einzelnen Rädern bzw. das Bremskraftverhältnis kann in Abhängigkeit der Geschwindigkeit oder des Straßenzustandes (trocken/feucht, kalt/warm etc.) geändert werden.

— Bei Berücksichtigung der Raddrehzahlinformation — wie sie beispielsweise ein Drehzahlfühler liefert — kann eine Aussage über den Reibungskoeffizienten zwischen Reifen und Straße gemacht werden. Da bei bekannter Bremskraft die Radverzögerung auch von diesem Reibungskoeffizienten

Die Bremskraft  $F_B$  an den Rädern von Kraftfahrzeugen wird im wesentlichen durch den Bremsdruck  $p$ , die rechtwinklig wirkende Bremszylinderfläche  $A$  und den Gleitreibungskoeffizienten  $\mu$  zwischen Bremsbelag und Bremsscheibe bei Scheibenbremsen bzw. Bremsbelag und Bremstrommel bei Trommelbremsen bestimmt. Bei gebräuchlichen Bremsanlagen wird in alle Räder der gleiche konstante Bremsdruck  $p$  eingesteuert; unterschiedliche Werte der Bremszylinderfläche  $A$  und des Reibungskoeffizienten  $\mu$  der einzelnen Räder — etwa durch unterschiedlichen Abrieb zwischen Bremsbelag und Bremsscheibe/Bremstrommel oder durch Veränderung der Beschaffenheit der Bremsbeläge bei Betätigung der Bremse — führen zu unterschiedlichen Bremskräften an den einzelnen Rädern bzw. zu einer Änderung der Bremskraft in Abhängigkeit des Betriebszustands des Fahrzeugs.

Sind jedoch die Bremskräfte an den Rädern auf der rechten und linken Fahrzeugseite verschieden, wirkt ein resultierendes Drehmoment (Giermoment) auf das Fahrzeug ein; das Fahrzeug "zieht" in die Richtung, in der die Bremskraft schwächer ist. Zur Korrektur muß der Fahrer gegenlenken; durch die zusätzlichen Kräfte in der Reifenaufstandsfläche werden die übertragbaren Verzögerungskräfte zwischen Reifen und Straße vermindert, bei Überschreiten der Haftreibungsgrenze kann es zum Blockieren des Rades kommen. Bei vielen Fahrzeugen, beispielsweise bei Nutzfahrzeugen — insbesondere bei Fahrzeugen mit Anhänger oder Auflieger — ändern sich die Beladungszustände und damit auch die Bremskraftverteilung bzw. die Bremskräfte an den einzelnen Achsen bzw. an den einzelnen Rädern sehr häufig. Bei ungünstiger Bremskraftverteilung kann ein Überbremsen der Achsen auftreten; beim Bremsmanöver schiebt der Anhänger von hinten gegen das Zugfahrzeug, das dadurch einknicken und seitwärts ausbrechen kann.

Es ist bereits eine achslastabhängige Bremskraftregelung (ALB) bekannt, bei der der Bremsdruck zwischen Vorder- und Hinterachse asymmetrisch in einem festen Verhältnis — beispielsweise im Verhältnis 70% zu 30% — eingestellt wird, wobei dieses Verhältnis in Abhängigkeit des Beladungszustandes des Fahrzeuges geändert werden kann. Oft ist jedoch diese fest eingestellte Bremskraftverteilung ungünstig; während des Bremsvorgangs selbst erfolgt keine Regelung der Bremskraft, so daß die oben beschriebenen kritischen Situationen — Entstehung von Giermomenten, Überbremsen der Achsen — weiterhin auftreten können.

Beim Antiblockiersystem (ABS) wird durch geeignete Steuerung der Bremsventile erreicht, daß die Räder des Kraftfahrzeugs bei einer starken Bremsung (Notbremsung) nicht blockieren, d. h. es wird die maximal mögliche Bremskraft an den einzelnen Rädern vorgegeben. Auf eine "normale Bremsung" — eine Bremsung; bei der die Räder greifen, durch die Bremsung also keine Überschreitung der Haftreibungsgrenze in der Reifenaufstandsfläche hervorgerufen wird — hat das ABS-System jedoch keinerlei Auswirkungen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bremssystem für Kraftfahrzeuge anzugeben, mit dem die bei herkömmlichen Bremssystemen auftretenden Probleme vermieden werden können.

Dies wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 erreicht.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen

der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Durch die Stellung des Bremspedals wird beim Bremsvorgang das Bremsverhalten vorgegeben bzw. die gewünschte Bremsverzögerung festgelegt. Um diese Sollwertvorgabe zu erreichen — bzw. sich dieser so gut es die Randbedingungen zulassen, anzunähern — wird die während des Bremsvorgangs an den Bremsbacken bzw. Bremszangen auftretende Lagerkraft gemessen, mittels einer Regelelektronik daraus — anhand eines vorher bestimmten empirischen Zusammenhangs — der momentane Istwert der Bremskraft berechnet, der Bremsdruck entsprechend der Abweichung Sollwert/Istwert geändert und dieser Regelungsvorgang — Messung der Lagerkraft, Ist-/Sollwert-Vergleich, Änderung des Bremsdrucks — sukzessive wiederholt, bis Sollwert und Istwert der Bremskraft übereinstimmen.

Mit Hilfe externer Signale bzw. Meßgrößen kann die Regelelektronik zusätzliche Informationen erhalten bzw. Randbedingungen berücksichtigen, wodurch das Bremsverhalten weiter verbessert werden kann. Beispielsweise kann bei Messung der Bremsverzögerung eine dynamische Achslastverteilung während des Bremsvorgangs erfolgen, d. h. das Bremskraftverhältnis zwischen Vorderachse und Hinterachse wird entsprechend einer vorher bestimmten optimalen Verzögerungskurve variiert; zusätzlich kann noch der Beladungszustand des Fahrzeugs bestimmt werden und die passende — von der Masse des Fahrzeugs abhängige — Verzögerungskurve gewählt werden.

Wegen der kontinuierlichen dynamischen Regelung der Bremskraft an den einzelnen Rädern — zwischen Vorder- und Hinterachse bzw. rechter und linker Fahrzeugseite — während des Bremsvorgangs ist eine sehr genaue Dosierung der Bremskraft und eine optimale Bremsung unabhängig vom Zustand der Bremsen möglich.

Die Fahrsicherheit läßt sich somit erhöhen, da einerseits das Fahrzeug durch Steigerung der möglichen Bremskraft stärker gebremst werden kann, der Bremsweg also verkürzt wird, und andererseits das Fahrzeug während des Bremsvorgangs stabil bleibt, ohne daß Giermomente auftreten, ein Überbremsen der Achsen auftritt oder die Räder blockieren.

Daneben brauchen die Bremsbeläge wegen der gleichmäßigen Abnutzung nicht so häufig gewechselt werden, was zu einer Kosteneinsparung führt.

Die Erfindung soll nachstehend anhand der Fig. 1 bis 5 näher beschrieben werden.

Es zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau einer Trommelbremse (Figur 1a) und einer Scheibenbremse (Figur 1b),

Fig. 2 eine Meßanordnung zur Bestimmung der zur Bremskraft  $F_B$  proportionalen Lagerkraft  $F_L$ ,

Fig. 3 das Schaltbild des geregelten Bremssystems,

Fig. 4 den zeitlichen Verlauf der Geschwindigkeit  $v$ , der Normalkräfte  $F_N$  und der Bremskräfte  $F_B$  bei einem Bremsvorgang und

Fig. 5 die Verzögerungskurven bei einem unbeladenen und einem beladenen Fahrzeug.

Die Fig. 1 zeigt den schematischen Aufbau einer Kraftfahrzeug-Bremse; in der Fig. 1a ist eine Trommelbremse 10 — mit Bremstrommel 11, Bremsbacken 12, Bremsbelägen 13, Befestigungspunkten 14 und Bremszylinder 15 — in der Fig. 1b eine Scheibenbremse 20 — mit Bremsscheibe 21, Bremszangen 22, Bremsbelag 23, Befestigungspunkten 24 und Bremszylinder 25 — dargestellt.

An den Befestigungspunkten 14 bzw. 24 der Brems-



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 40 24 811 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 60 T 8/00**  
B 60 T 8/18  
B 60 T 8/30  
B 60 T 8/32  
B 60 T 8/60

②① Aktenzeichen: P 40 24 811.9  
②② Anmeldetag: 4. 8. 90  
④③ Offenlegungstag: 6. 2. 92

DE 40 24 811 A 1

⑦① Anmelder:  
Telefunken electronic GmbH, 7100 Heilbronn, DE

⑦② Erfinder:  
Hettich, Gerhard, Dr., 8501 Dietenhofen, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	26 05 407 C2
DE	20 57 973 C2
DE	38 01 267 A1
DE	36 38 866 A1
DE	36 36 411 A1
DE	36 35 393 A1
DE	34 40 541 A1
DE	33 45 694 A1
DE	20 43 278 A1
DE	19 61 039 A1

⑤④ **Bremssystem für Kraftfahrzeuge**

⑤⑦ Die Erfindung beschreibt ein Bremssystem für Kraftfahrzeuge, bei dem Mittel vorgesehen sind, durch die die Bremskraft an den einzelnen Rädern des Fahrzeugs während des Bremsvorgangs durch Variation des Bremsdrucks dynamisch geregelt wird.

DE 40 24 811 A 1

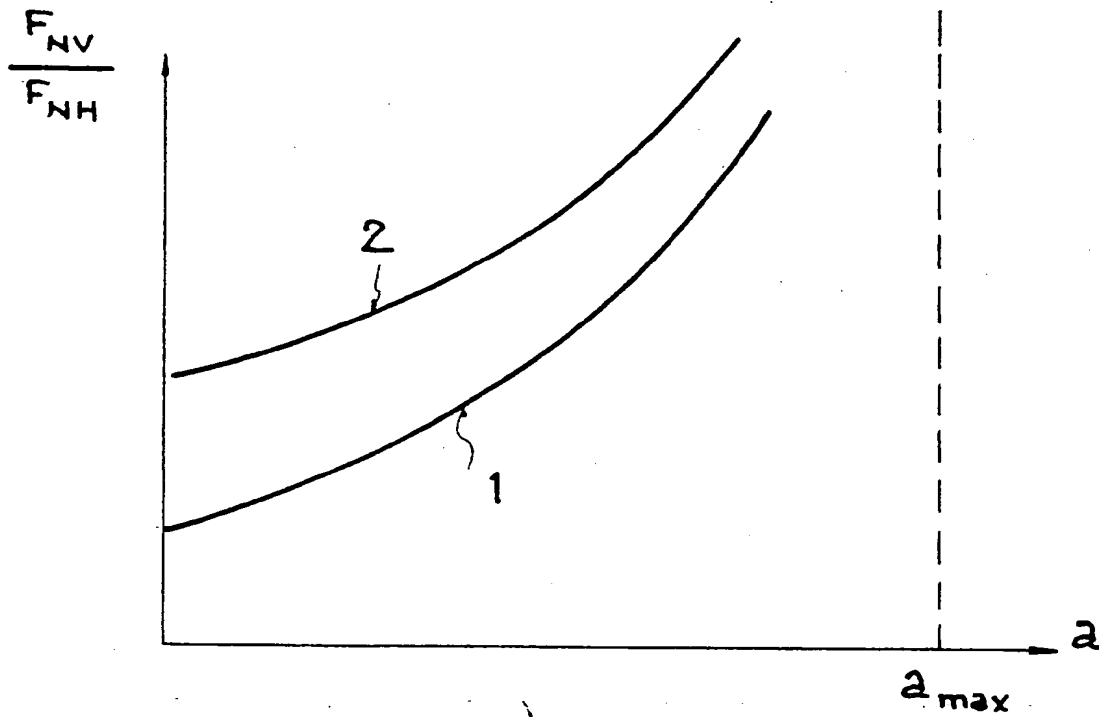


Fig. 5

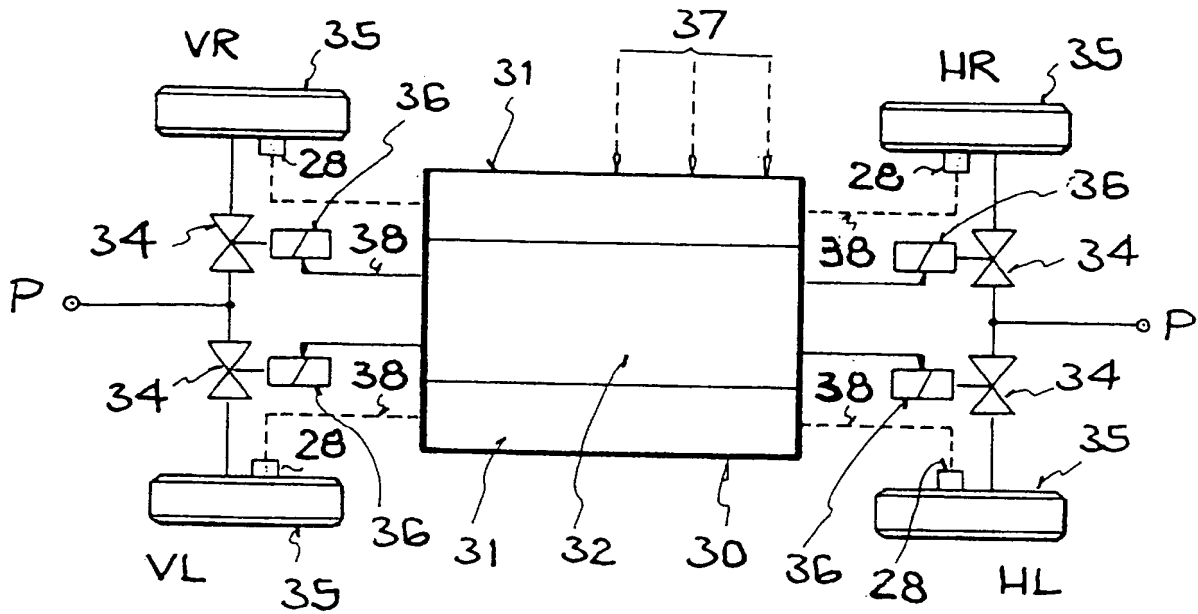


FIG. 3

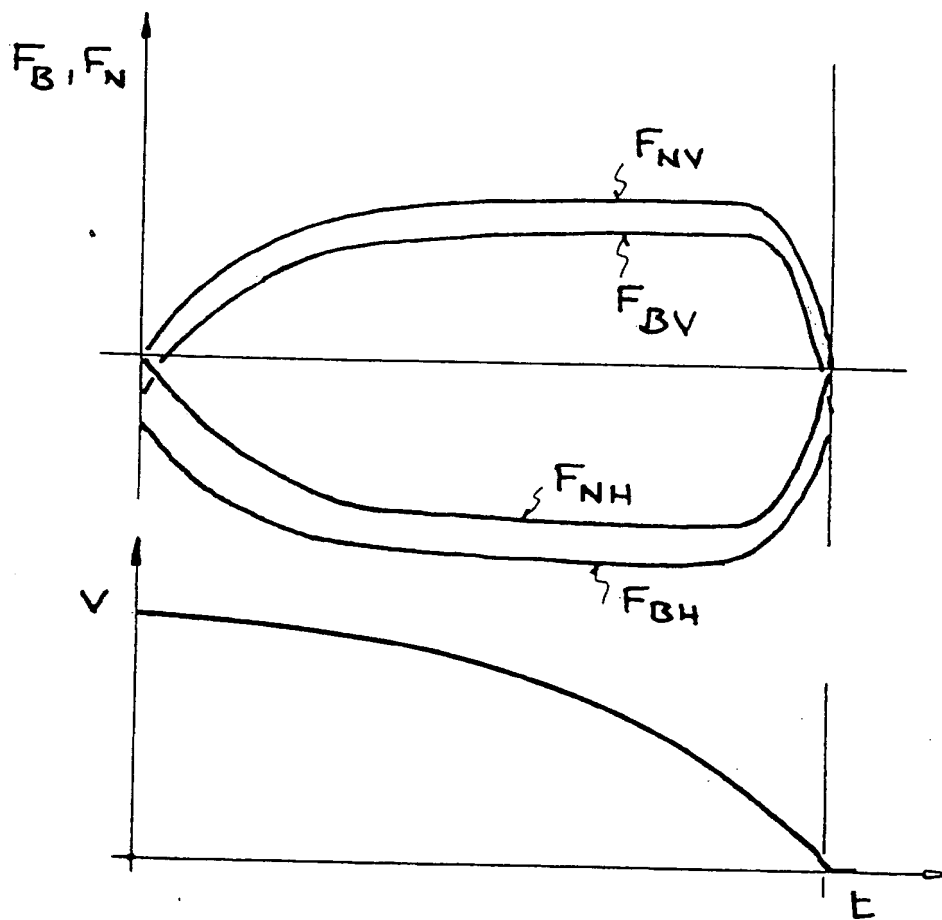


FIG. 4

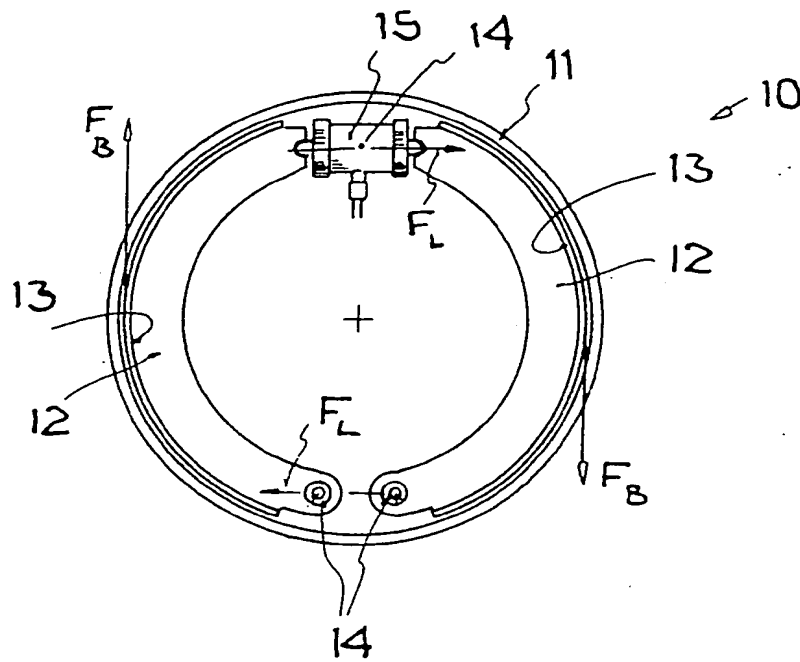


FIG. 1a

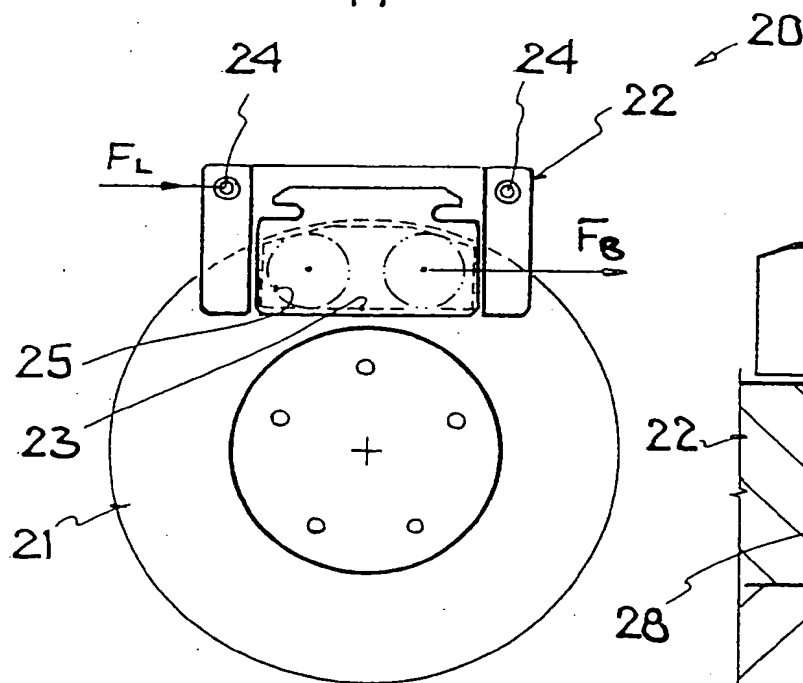


FIG. 1b

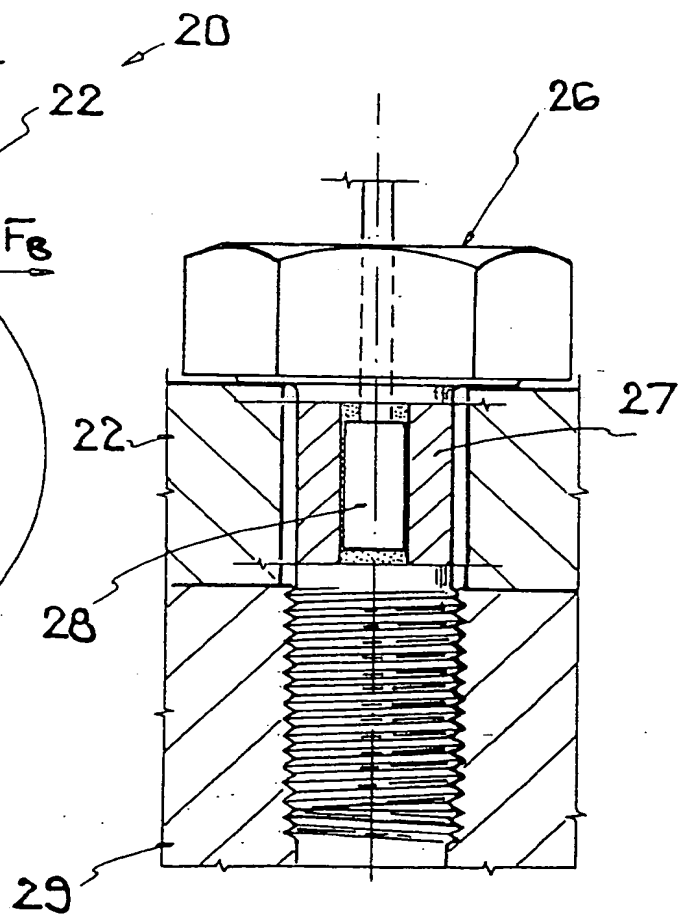


FIG. 2

— Leerseite —